© Biologiezentrum Linz/Austria; download unter www.biologiezentrum.at

Denisia 13 | 17.09.2004 | 541-546

Grundlagen und historische Entwicklung der forensischen Entomologie[1]

M. GRASSBERGER

Abstract: Fundamentals and historic development of forensic entomology. — Forensic entomology, the study of the insects associated with a dead body, primarily to determine time since death, is increasingly gaining international recognition. This article focuses on the principles as well as the major historic milestones in the development of the science „forensic entomology".

Key words: forensic entomology, history, post-mortem interval, Diptera, Coleoptera.

Einleitung

„Tres muscae consummunt cadaver equi, aeque cito ac leo." LINNAEUS 1767

Da Insekten die größte Gruppe aller Lebewesen darstellen und an beinahe jedem Leichenfundort anzutreffen sind, können sie oftmals mit forensischen bzw. kriminologischen Fragestellungen assoziiert werden. Die Wissenschaftsdisziplin „Forensische Entomologie" beschäftigt sich hauptsächlich mit der Bestimmung der Leichenliegezeit. Unter Leichenliegezeitbestimmung ist die Eingrenzung eines Zeitraums durch Untersuchungen an der Leiche zu verstehen, innerhalb dessen der Tod eingetreten ist. Die Leichenliegezeitbestimmung (auch Todeszeitbestimmung) ist ein Teil der zeitlichen Rekonstruktion von tödlichen Geschehensabläufen durch gerichtsmedizinische bzw. kriminalistische Untersuchungen.

Die bei der Feststellung der Leichenliegezeit (post mortem Intervall, PMI) gewonnene Information kann helfen, Täter und/oder Opfer zu identifizieren bzw. verdächtige sowie abgängige Personen anhand der errechneten Zeitspanne in die Untersuchungen einzubeziehen oder davon auszuschließen (Überprüfung von Zeugenaussagen). Bei manchen Leichenfunden mit völlig ungeklärter Ausgangslage kann die Eingrenzung des Todeszeitpunktes wertvolle initiale Anhaltspunkte liefern.

Prinzip der entomologischen Leichenliegezeitbestimmung

Jede physikalische oder biologische Veränderung der Leiche, die eine Funktion der Zeit darstellt, kann als Methode zur Bestimmung der Leichenliegezeit herangezogen werden. In den ersten 48 Stunden post mortem (Initialstadium) sind physikalische und chemische Prozesse relativ genaue Indikatoren zur Todeszeitpunktbestimmung. In späteren Stadien (>48h) lassen diese Prozesse jedoch keine Aussagen über die Leichenliegezeit zu. Genauere Hinweise betreffend die Leichenliegezeit können aber aus ökologischen Prozessen gewonnen werden.

Bereits Mitte des 19. Jahrhunderts erkannte man, dass verschiedene Insektenarten unterschiedliche Zersetzungszustände eines Leichnams bevorzugen. Die erste Besiedelungswelle, häufig schon Minuten nach Todeseintritt, besteht im Regelfall vor allem aus den Schmeißfliegen (Diptera: Calliphoridae) (SMITH 1986). Die Kenntnis des temperaturabhängigen Wachstumsverhaltens von Schmeißfliegenlarven bzw. der Dauer der verschiedenen Entwicklungsstadien ermöglicht somit eine sehr zuverlässige Einschätzung der Leichenliegezeit, vorausgesetzt der Temperaturverlauf am Auffindungsort kann retrospektiv ermittelt werden (Abb. 1). Das Alter der ältesten, auf bzw. in der Umgebung der Leiche vorgefundenen Insekten entspricht dieser Auffassung nach dem sog. minimalen post mortem Intervall.

Eine andere Möglichkeit Aussagen über die Leichenliegezeit zu treffen ist die Analyse der Zusammensetzung der Leichenfauna, da verwesende Kadaver ein zeitlich veränderliches Habitat darstellen und sich demnach die Arthropodenfauna an einem Kadaver im Laufe der Zeit verändert. Darüberhinaus kommt es bedingt durch die Verwesungs- und Fäulnisprodukte zu Veränderungen in der darunterliegenden Bodenfauna und Flora (BORNEMISSZA 1957).

[1] Diese Arbeit ist Herrn Univ.-Prof. Dr. Horst Aspöck zum 65. Geburtstag gewidmet. Prof. Aspöck hat das wissenschaftliche Interesse an Myiasis und forensischer Entomologie des Autors stets geteilt und aufmerksam verfolgt und damit einen außerordentlichen ideellen Ansporn dargestellt.

© Biologiezentrum Linz/Austria; download unter www.biologiezentrum.at

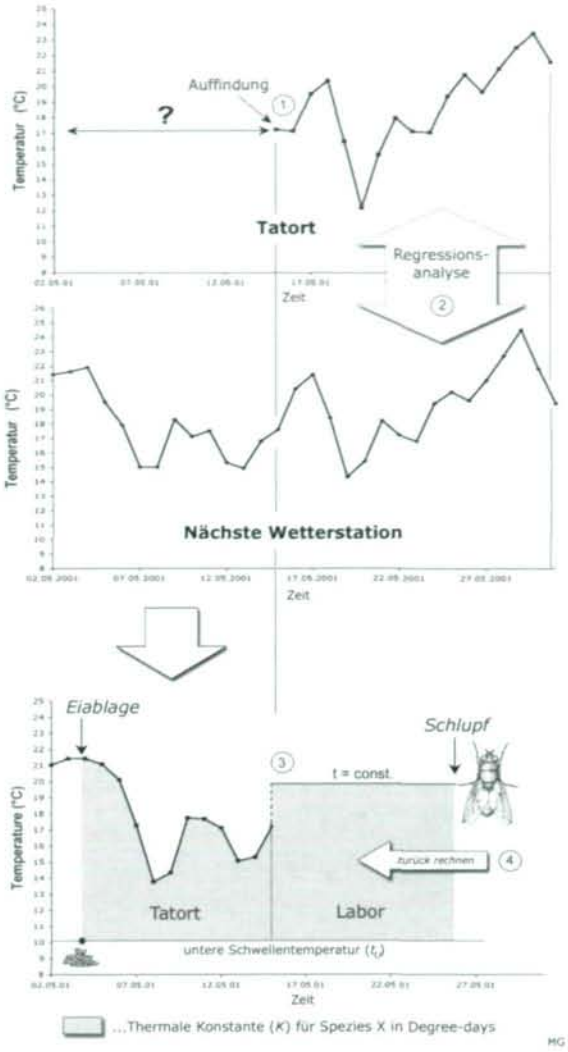


Abb. 1: Vorgangsweise bei der Berechnung der minimalen Leichenliegezeit mit Hilfe des sog. „Degree-day" Konzepts: (1) Der Temperaturverlauf in der Umgebung der Leiche am Tatort muss für mindestens 3–5 Tage ab Auffindung aufgezeichnet werden. (2) Der mathematische Zusammenhang der aufgezeichneten Temperaturwerte wird mit den Werten der nächsten Wetterstation über Regressionsanalyse ermittelt. (3) Die am Tatort asservierten Insekten verschiedener Entwicklungsstadien werden im Labor unter kontrollierten Bedingungen bis zum nächsten Stadium (Verpuppung, Schlupf) auf geeignetem Medium weitergezüchtet. (4) Ist die thermale Konstante (K) und die untere Schwellentemperatur der asservierten Art bekannt, kann der Eiablagezeitpunkt berechnet werden (aus: GRASSBERGER 2002).

Das Ökosystem Kadaver als Raum-Zeitgefüge

Durch ihr ubiquitäres Vorkommen sind Insekten in der Regel die ersten Besiedler eines Kadavers kurz nach Eintritt des Todes, wobei unterschiedliche Arten verschiedene Zersetzungsstadien des Kadavers bevorzugen. Viele ökologische Teilsysteme bestehen nur kurzfristig, sie zeichnen sich jedoch durch einen charakteristischen Artenbestand aus, der von dem des umgebenden, größeren Biotops abweicht. Dies zeigt sich besonders bei der Besiedelung von Kadavern. Leichen sind für eine große Zahl von Insekten und andere Arthropoden, insbesondere aber für Diptera und Coleoptera Brutstätte, Nahrungsquelle und Lebensraum.

Parallel zu den postmortalen Veränderungen der Leiche treten einander zeitlich überlappende Faunen auf. Diese wurden bereits von MÉGNIN (1894) als Besiedelungswellen bezeichnet und detailliert beschrieben. Derartige Teilsysteme oder Biochorien (=Lebensplätze) hängen in ihrer Besiedelung von den Bedingungen des größeren „Trägersystems" ab. So wird zum Beispiel ein Kadaver im Wald, auf einem Feld oder in einem urbanen Grünstreifen von unterschiedlichen Arten besiedelt. Teilsysteme lassen sich aber in noch kleinere, funktionelle Strukturteile untergliedern. Wichtig ist z. B. die Nährzone, von der ihre typischen Primärbewohner leben. So können am Kadaver Nährzonen wie Blut, Fäulnisflüssigkeit, Exkremente, faulendes Fleisch, trockenes Bindegewebe, Haut etc. unterschieden werden. Die zeitliche Veränderung von Biochorien durch die Lebenstätigkeit der Organismen selbst ist bei der postmortalen Veränderung eines Kadavers besonders eindrucksvoll:

Kurz nach Eintritt des Todes, in Ausnahmefällen auch schon davor, erscheinen Calliphoridae (Schmeißfliegen) am Kadaver und beginnen die natürlichen Körperöffnungen (wenn vorhanden auch Wunden) anzufliegen. Bereits nach 5 Minuten können Schmeißfliegen in großen Mengen an Mund, Nase und Augen bei der Nahrungsaufnahme und wenig später bei der Eiablage beobachtet werden.

Nach kurzer Zeit beginnt im Inneren des Kadavers der Fäulnisprozess durch anaerobe Bakterien der Darmflora. Der Geruch lockt weitere Fliegen und im fortgeschrittenen Stadium auch Käfer der verschiedensten Familien und Gattungen in einer bestimmten Reihenfolge zur Nahrungsaufnahme und Eiablage an.

Die geschlüpften Fliegenmaden dringen in das Innere des Kadavers vor, wobei es zu einer Belüftung tieferer Körperschichten kommt. Dies beschleunigt den aeroben Eiweißabbau, der, im Gegensatz zur anaeroben Fäulnis, Verwesung genannt wird. Unter geeigneten Temperaturbedingungen schreitet der Zersetzungsprozess durch Fliegenlarven rapide fort. An den Körpern der Käfer und Fliegen haften oft Pilzsporen, Nematoden und Milben, die durch Phoresie von einem Kadaver zum nächsten gelangen. In späteren Stadien der Verwesung erscheinen vor allem Vertreter der Familien Dermestidae, Nitidulidae, Fanniidae und Piophilidae. In der Trockenphase (Mumifizierung) kommen neben den Dermestidae (Speck- oder Pelzkäfer) oft Larven von Tineiden (Motten) vor, welche Keratinase zum Abbau von Haaren und Haut besitzen.

Die große Anzahl an Dipterenlarven bietet vor allem räuberischen Käfern der Familien Silphidae, Histeridae

© Biologiezentrum Linz/Austria; download unter www.biologiezentrum.at

und Stapylinidae sowie parasitierenden Hymenopteren wie Pteromalidae und Braconidae ausreichend Beute bzw. Substrat zur Eiablage. Manche leichenassoziierten Insekten ernähren sich von Aas und anderen Leichenbesiedlern. Die beim Abbau eines Kadavers entstehenden Zersetzungsstoffe, besonders Phenole, die in den Boden gelangen, wirken sich auf die Tier- und Pflanzenwelt solcher Stellen aus. Lebende Pflanzen halten sich nicht lange unter Aas, die Bodenfauna kann bis 15cm Tiefe viele Monate lang unterdrückt sein (BORNEMISSZA 1957).

Historische Entwicklung

Die früheste bekannte Schilderung einer forensisch entomologischen Kasuistik enthält das gerichtsmedizinische Lehrbuch „Hsi yüan chi lu" des chinesischen Juristen SUNG TZ'U aus dem 13. Jahrhundert. Er beschreibt die Ansammlung von Fliegen an einer mit Blutspuren verunreinigten Sichel, die den Mörder überführte, da nur diese Sichel als Tatwerkzeug in Frage kam (BENECKE & LECLERCQ 1999).

Bereits spätmittelalterliche Darstellungen zeugen von äußerst genauen Beobachtungen der Besiedelungsmuster von Maden auf menschlichen Leichen (Abb. 2). Die Form der durch Insekten hervorgerufenen Zersetzungsmuster an Leichen fand auch Eingang in Darstellungen des 16. Jahrhunderts.

Erstmals berichtet der französische Mediziner BERGERET im Jahre 1855, dass entomologische Spuren (Fliegenpuppen und Mottenlarven) in die Überlegungen zur Altersschätzung einer Leiche eines Neugeborenen mit einbezogen wurden.

Die ersten, im anglo-amerikanischen Sprachraum oft vernachlässigten, systematischen Untersuchungen der Gräberfauna wurden von REINHARD gemeinsam mit dem Wiener Insektenkundler Friedrich Moritz BRAUER, durchgeführt, welcher ab 1876 als Kustos für Diptera und Neuroptera an der entomologischen Sammlung im Naturhistorischen Museum Wien tätig war (siehe u.a. BRAUER & BERGENSTAMM 1924).

Den Anlass bot eine umfängliche Exhumierung, mit welcher die „Medicinalbeamten" Sachsens im Interesse einer Revision der gesetzlichen Bestimmungen über das Bestattungswesen beauftragt worden waren. Am 6. April 1881 wurde anlässlich der Jahresversammlung der Wiener k & k zoologisch-botanischen Gesellschaft erstmals ausführlich darüber referiert (REINHARD 1882). Über die mittlerweile im Englischen als „coffin fly" bekannten Phoriden-Art *Conicera atra* MEIG. heißt es unter anderem: „Von den hiebei beobachteten Thieren steht, sowohl nach der Häufigkeit ihres Vorkommens, als der Masse der Individuen nach, eine kleine Fliegenart obenan, von der sowohl die Larven, als auch lebende Fliegen, vor Allem aber ihre Tonnenpuppen gefunden wurden.(...) Und in welchen Mengen sie vorgefunden wurden, zeigen die in Bezug auf sie in den Berichten oft vorkommenden Ausdrücke „unzählige", „Millionen", „Unmassen" von Puppenhüllen u. dgl. mehr." REINHARD

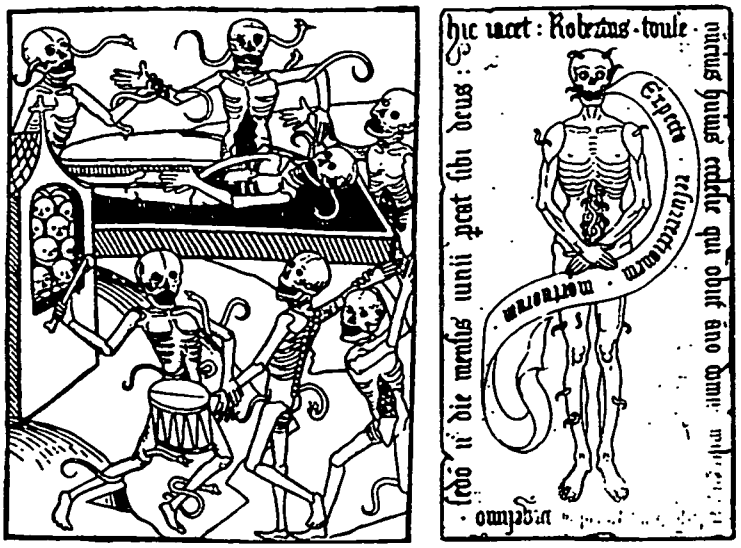
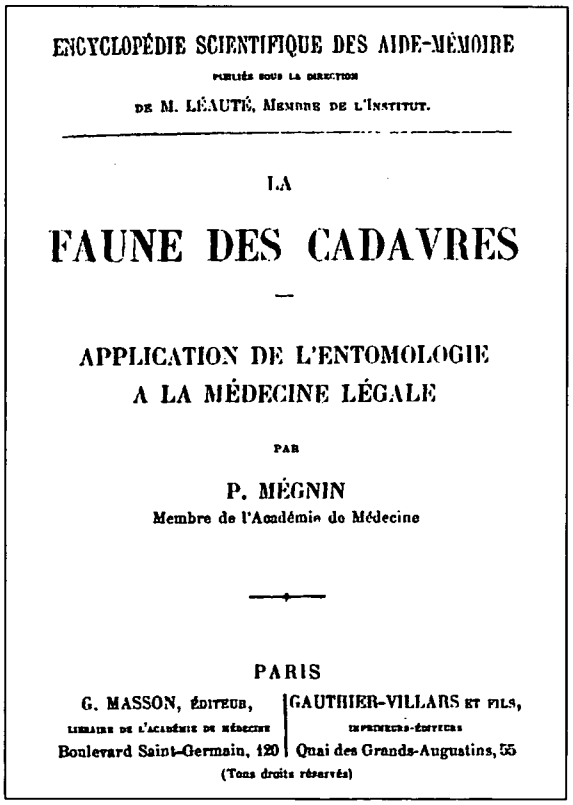


Abb. 2: Die genaue Beobachtung des Verwesungsprozesses menschlicher Leichen führte bereits im Mittelalter zu realistischen Darstellungen. Der Schädel ist bereits völlig skelettiert, Abschnitte der Leibeshöhle sind durch Madenfraß (sog. „Leichenwürmer", häufig schlangenähnlich dargestellt) teilweise eröffnet. Links: „Tanz der Toten" (ca. 1460, aus: STAMMLER W.: Der Totentanz, München, 1922); Rechts: Grabesinschrift mit Spruchband unbekannter Datierung (aus: BENECKE & LECLERCQ 1999).



ENCYCLOPÉDIE SCIENTIFIQUE DES AIDE-MÉMOIRE

PUBLIÉE SOUS LA DIRECTION

DE M. LÉAUTÉ, MEMBRE DE L'INSTITUT.

LA

FAUNE DES CADAVRES

APPLICATION DE L'ENTOMOLOGIE A LA MÉDECINE LÉGALE

PAR

P. MÉGNIN

Membre de l'Académie de Médecine

PARIS

G. MASSON, ÉDITEUR, LIBRAIRE DE L'ACADÉMIE DE MÉDECINE, Boulevard Saint-Germain, 120

GAUTHIER-VILLARS ET FILS, IMPRIMEURS-ÉDITEURS, Quai des Grands-Augustins, 55

(Tous droits réservés)

Abb. 3: Titelseite der Erstausgabe des Buches „La Faune des Cadavres: application de l'entomologie a la médicine légale" von Jean-Pierre MÉGNIN (1894).

© Biologiezentrum Linz/Austria; download unter www.biologiezentrum.at

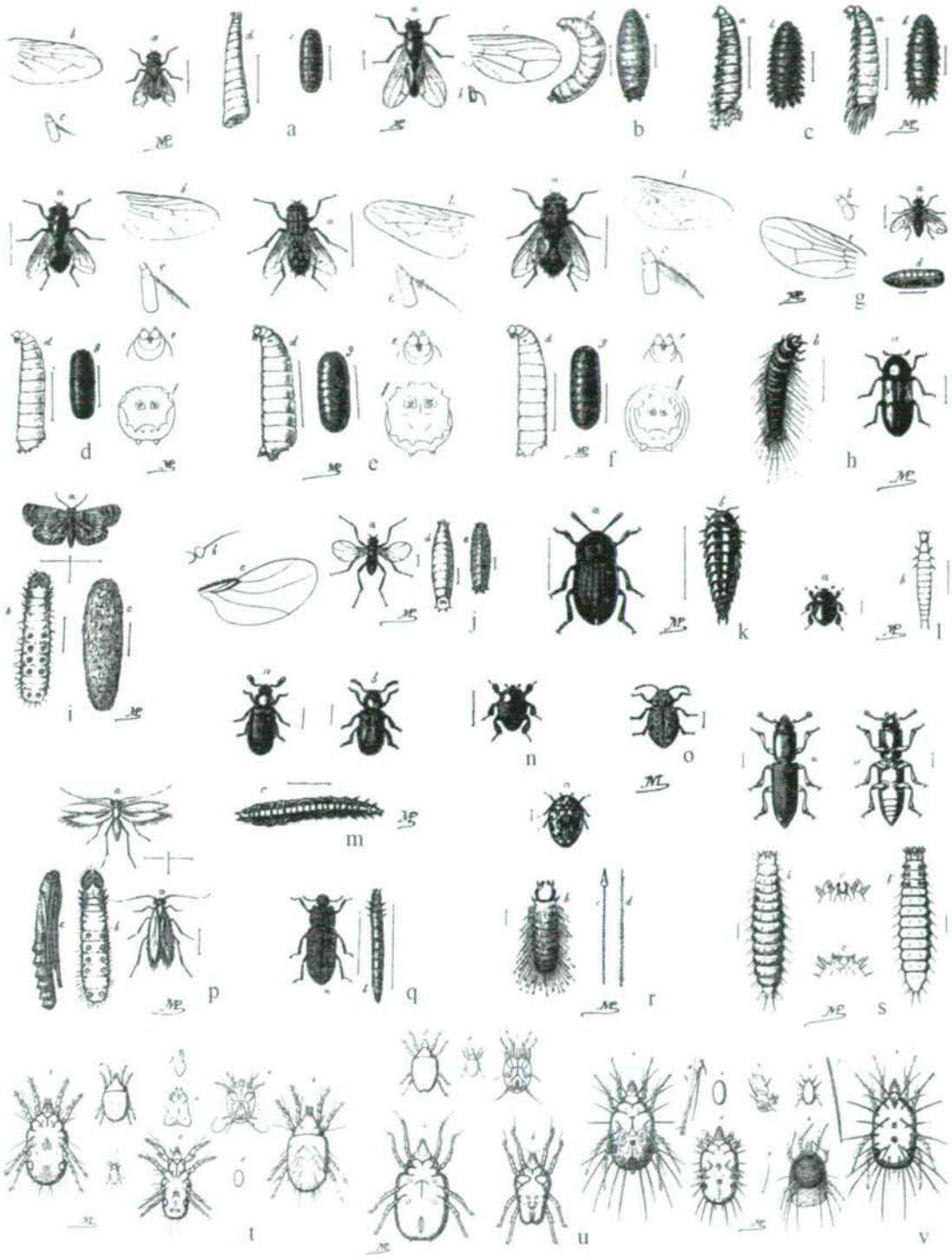


Abb. 4: Zusammenstellung einiger Abbildungen aus dem Buch MÉGNINS (ursprüngliche Nomenklatur; gegenwärtige Nomenklatur siehe Appendix): (a) *Musca domestica*, (b) *Pyophila petasionis*, (c) *Larves d'Anthomyies*, (d) *Lucilia caesar*, (e) *Sarcophaga carnaria*, (f) *Calliphora vomitoria*, (g) *Ophyra cadaverina*, (h) *Dermestes lardarius*, (i) *Aglossa pinguinalis*, (j) *Phora aterrima*, (k) *Silpha obscura*, (l) *Saprinus rotondatus*, (m) *Corynetes ruficollis* et *coeruleus*, (n) *Hister cadaverinus*, (o) *Ptinus brunneus*, (p) *Tineola biselliela*, (q) *Tenebrio obscurus*, (r) *Anthrenus museorum*, (s) *Rhizophagus parallelocollis*, (t) *Tyroglyphus siro*, (u) *Serrator necrophagus*, (v) *Glyciphagus cursor*.

räumt allerdings ein: „Ob diese kleinen Puppen immer nur der Conicera oder auch anderen Phoriden-Arten angehörten, muss freilich dahingestellt bleiben, da weiter keine, als die genannte Art erzogen wurde." Eine bis heute nicht befriedigend beantwortete Frage stellt Reinhard an den Schluss seiner Ausführungen: „Aber so wenig umfänglich auch die Beobachtungen sind, so regen sie doch zahlreiche Fragen an, unter denen die wohl am nächsten liegt, in welcher Weise die Eier dieser Thiere an die Leichen gelangen, ob dies nur, wie man ja oft beobachten

© Biologiezentrum Linz/Austria; download unter www.biologiezentrum.at

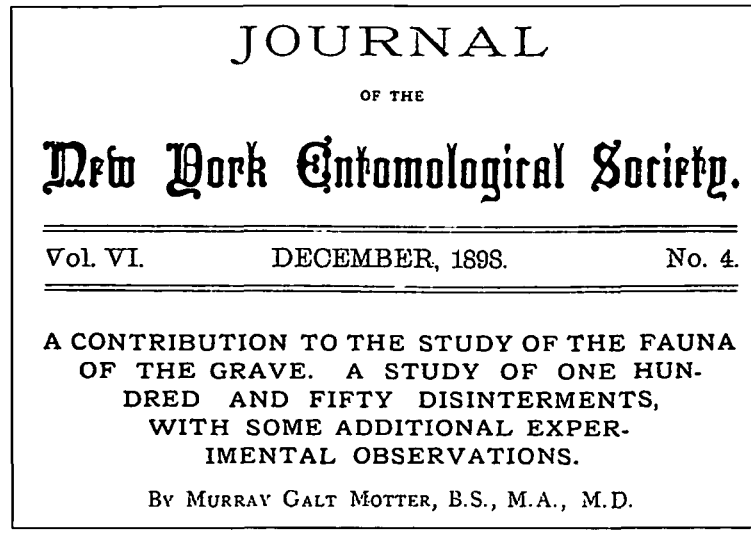
kann, an der Leiche vor der Beerdigung stattfindet, oder ob, was ebenfalls viel Wahrscheinlichkeit für sich hat, die Thiere durch den beim Auswerfen des Grabes gelockerten Erdboden bis in die Tiefe, wo der Sarg steht, hinabsteigen, um ihre Eier an einer Stelle abzulegen, wo die auskriechenden Larven geeignete Nahrung finden."

Diese Textpassagen legen nahe, dass die, durch das Zusammenwirken des Gerichtsmediziners REINHARD und des Entomologen BRAUER erstmals publizierten Beobachtungen eine wichtige Grundlage für die Entstehung der Spezialdisziplin „Forensische Entomologie" darstellten.

1894 erschien schließlich das Werk des französischen Mediziners Jean-Pierre MÉGNIN („La Faune des Cadavres: application de l'entomologie a la médicine légale"), welches einen Meilenstein für die forensische Entomologie darstellte (Abb. 3, 4). MÉGNIN beschrieb acht Besiedelungswellen für freiliegende Körper in Zusammenhang mit den unterschiedlichen Zersetzungsstadien. Aufgrund des Mangels an taxonomischen Bestimmungswerken gegen Ende des 19. Jahrhunderts und im Hinblick auf den innovativen Charakter dieser Arbeit sind die geschilderten Beobachtungen allerdings heute mit Vorsicht zu interpretieren.

Die Arbeiten der kanadischen Pathologen JOHNSTON & VILLENEUVE (1897) sowie die von MOTTER (1898) an 150 exhumierten Leichen durchgeführten Untersuchungen führten die Gedanken MÉGNINS weiter und legten schließlich den Grundstein für alle weiteren Untersuchungen.

Erst die im letzten Jahrhundert entstandene Vielfalt an genauen Faunenlisten, Monographien und ökologischen Abhandlungen über einen großen Teil der forensisch bedeutsamen Gliedertiere führte zu einer wissenschaftlichen Basis, die eine Entwicklung der heute eigenständigen Fachrichtung „Forensische Entomologie" in den letzten 20 Jahren erst ermöglichte. Ein bedeutender Schritt in Richtung Professionalität war schließlich die Gründung von zertifizierten Einrichtungen mit klaren Richtlinien zur Standardisierung, wie dem American Board of Forensic Entomologists (ABFE) und erst kürzlich der European Association for Forensic Entomology (EAFE) (GRASSBERGER 2002)


JOURNAL

OF THE

New York Entomological Society.

Vol. VI. DECEMBER, 1898. No. 4.

A CONTRIBUTION TO THE STUDY OF THE FAUNA OF THE GRAVE. A STUDY OF ONE HUNDRED AND FIFTY DISINTERMENTS, WITH SOME ADDITIONAL EXPERIMENTAL OBSERVATIONS.

BY MURRAY GALT MOTTER, B.S., M.A., M.D.

Abb. 5: Titel der richtungweisenden Publikation MOTTERS über die Gräberfauna erhoben an 150 Exhumierungen.

Zusammenfassung

Die forensische Entomologie beschäftigt sich mit leichenassozierten Insekten um Aussagen über Todeszeitpunkt, Todesart oder postmortale Verlagerung der Leiche treffen zu können. Entomologische Untersuchungsverfahren können sowohl im frühpostmortalen als auch im spätpostmortalen Intervall zuverlässige und präzise Ergebnisse liefern, da der Stoffwechsel der wechselwarmen Insekten zwangsläufig und vorhersagbar den äußeren Temperaturgradienten folgt.
Eine Durchsicht der Literatur zeigte, dass entgegen bisheriger Meinung neben französischen und anglo-amerikanischen auch deutschsprachige Wissenschafter eine bedeutsame Rolle bei der Mitbegründung dieser Spezialdisziplin spielten. Weit reichende wissenschaftliche Fortschritte auf dem Gebiet der Entomologie im letzten Jahrhundert führten zur allgemeinen Anerkennung des Faches „Forensische Entomologie" unter den kriminalistischen Wissenschaften, was in letzter Folge zur Gründung von internationalen Dachgesellschaften führte.

© Biologiezentrum Linz/Austria; download unter www.biologiezentrum.at

Appendix

Ursprüngliche Nomenklatur (MÉGNIN 1894)	Vollst. gegenwärtige Nomenklatur (soweit nachvollziehbar)
Musca domestica	*Musca domestica* LINNAEUS 1758
Pyophila petasionis DUF.	*Piophila* LINNAEUS 1758
Lucilia caesar ROB.-D.	*Lucilia caesar* (LINNAEUS 1758)
Sarcophaga carnaria MEIG.	*Sarcophaga carnaria* (LINNAEUS 1758)
Calliphora vomitoria ROB.-D.	*Calliphora vomitoria* (LINNAEUS 1758)
Ophyra cadaverina	*Hydrotaea* ROBINEAU-DESVOIDY 1830
Dermestes lardarius	*Dermestes lardarius* LINNAEUS 1758
Aglossa pinguinalis	*Aglossa pinguinalis* (LINNAEUS 1758)
Phora aterrima	*Phora atra* (MEIGEN 1804)
Silpha obscura	*Silpha obscura* LINNAEUS 1758
Saprinus rotondatus	*Saprinus* ERICHSON 1834
Corynetes ruficollis	*Necrobia ruficollis* (FABRICIUS 1775)
Corynetes coeruleus	*Korynetes coeruleus* (DE GEER 1775)
Hister cadaverinus	*Hister* (=*Margarinotus*) *cadaverinus* (HOFFMANN 1803)
Ptinus brunneus	*Ptinus clavipes* PANZER 1792
Tineola biselliela	*Tineola bisselliella* (HUMMEL 1823)
Tenebrio obscurus	*Tenebrio obscurus* FABRICIUS 1792
Anthrenus museorum	*Anthrenus museorum* (LINNAEUS 1761)
Rhizophagus parallelocollis	*Rhizophagus parallelocollis* GYLLENHAL 1827
Tyroglyphus siro	*Acarus siro* LINNAEUS 1758
Serrator necrophagus	?
Glyciphagus cursor	*Glyciphagus* HERING 1838

Literatur

BENECKE M. & M. LECLERCQ (1999): Ursprünge der modern angewandten rechtsmedizinisch-kriminalistischen Gliedertierkunde bis zur Wende des 20. Jahrhundert. — Rechtsmedizin **9**: 41–45.

BERGERET M. (1855): Infanticide, momification du cadavre. Découverte du cadavre d'un nouveau-né dans une cheminée où il s'était momifié. — Ann. Hyg. Méd. lég. **4**: 442–452.

BORNEMISSZA G.F. (1957): An analysis of arthropod succession in carrion and the effect of its decomposition on the soil fauna. — Austral. J. Zool. **5**: 1–12.

BRAUER F. & J. v. BERGENSTAMM. (1924) Die Zweiflügler (Dipteren) des Kais. Museums zu Wien. — Berlin: 1–424.

GRASSBERGER M. (2002): Sukzession und Entwicklung forensisch bedeutsamer Vertreter der Leichenfauna des Wiener Raums in der Praxis der forensisch-entomologischen Leichenliegezeitbestimmung. — Dissertation. Universität Wien.

JOHNSTON W & G. VILLENEUVE (1897): On the medico-legal application of entomology. — Montreal Med. J. **26**: 6–90.

LINNAEUS C. (1767): Systema naturae, per regna tria naturae, secundum classes, ordines, genera, species, cum caracteribus, differentiis, synonymis, locis Ed **13** rev 1 (2): 990.

MÉGNIN J.P. (1894): La faune des cadavers: application de l'entomologie à la médicine légale, Paris. — Encyclopédie scientifique des Aide-mémoires, Masson et Gauthier-Villars: 1–214.

MOTTER M.G. (1898): A contribution to the study of the fauna of the grave. A study of one hundred and fifty disinterments, with some additional experimental observations. — J. New York Entomol. Soc. **6**: 201–233.

REINHARD H. (1882): Beiträge zur Gräberfauna. — Verh. Kais-Königl. Zool-Bot. Ges. Wien **31**: 207–210.

SMITH K.G.V. (1986): A Manual of Forensic Entomology. — London, Ithaca, British Museum of Natural History, Cornell Univ. Press: 1–205.

STAMMLER W (1922): Die Totentänze des Mittelalters. — Stobbe, München.

Anschrift des Verfassers:

Dr. med.univ. Dr. rer.nat. Martin GRASSBERGER
Medizinische Universität Wien
Department für Gerichtliche Medizin und
Forensische Wissenschaften
Sensengasse 2
A–1090 Wien, Austria
E-Mail: matin.grassberger@meduniwien.ac.at